

Museos de ciencias, escuelas y profesorado, una relación a revisarse

María del Carmen Sánchez Mora

Unidad de Formación en Divulgación de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia en la Universidad Nacional Autónoma de México. E-mail: csanchezmora@hotmail.com

[Recibido en junio de 2012, aceptado en marzo de 2013]

La importancia que se ha dado a la búsqueda de la cultura científica para la formación de ciudadanos informados ha trascendido a la escuela formal y se ha extendido a las instancias de educación informal, entre las que destacan los museos de ciencias. Debido a las características de estos espacios, entre las que se encuentra la exhibición de algunos objetos, pero principalmente de equipos interactivos que permiten vivir las ideas, fenómenos y procesos científicos, y de exposiciones temáticas que actualmente se inclinan hacia una postura crítica, es que los museos de ciencia parecieron ser lugares para apoyar o complementar la enseñanza formal de las ciencias. Pero la realidad ha mostrado que cuando las escuelas visitan el museo, el aprendizaje que en estos ocurre es de naturaleza afectiva (motivacional) más que cognitiva, y que la complicada logística y la organización de las visitas, aunada al desconocimiento del ambiente educativo informal o de las características de los eventos extraescolares (*out of school*) por parte de los docentes, parecen indicar que no todos los resultados de esta opción educativa propician el aprendizaje con la formalidad que la escuela demanda. Así que, salvo para las escuelas que carecen de recursos materiales para el estudio de la ciencia, se empieza a mirar con reservas la posibilidad de que los museos de ciencias sean las herramientas idóneas para el aprendizaje de estas disciplinas, mientras no se superen muchas de las dificultades enumeradas en este artículo. Lo que sí se ha visto como opción exitosa en la relación museo-escuela es aprovechar los museos de ciencia para la formación y capacitación del profesorado.

Palabras clave: Cultura científica; Aprendizaje informal; Educación extraescolar; Museos de ciencia.

Museums, schools and teachers: a relationship to be reviewed

The importance given to the pursuit of a scientific culture for the formation of informed citizens, has transcended the formal school and has spread to institutions of informal education, among which are science museums. These spaces display objects, but mainly, interactive equipment that permit visitors to live ideas, phenomena and scientific processes. Science museums also develop thematic exhibitions that nowadays tend to adopt a critical position. All these characteristics have pretended to consider science museums as places to support or supplement the formal teaching of science. But reality indicates that when schools visit the museum, the learning that occurs there is of affective (motivational) rather than cognitive nature; and that the complicated logistics and organization of the visits, plus the lack of knowledge by teachers of the informal educational environment and the extracurricular events (*out of school*) features, seems to indicate that the results of this educational option, do not produce the kind of learning expected by formal schooling. So, except for schools that lack resources for the study of science, the common idea that science museums are the ideal tools for learning formally this subject, has been questioned, until the difficulties discussed in this paper are not succeeded. What it was seen as a successful option in the relationship between schools and museums, is to use those spaces for the training of preservice teachers.

Keywords: Scientific culture; Informal learning; Aprendizaje informal; Out of school education; Science Museums.

La cultura científica como meta educativa

Desde hace algún tiempo los especialistas en la enseñanza de las ciencias persiguen como una de sus metas prioritarias la llamada alfabetización científica y tecnológica de los estudiantes (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003). Con lo anterior se refieren a que estos últimos adquieran un cierto nivel de cultura que los dote de un conjunto amplio de conocimientos, capacidades, actitudes y competencias para tomar decisiones y para actuar, particularmente en toda actividad donde la ciencia esté involucrada (Vasconcelos y Félix, 2005), o cuando menos

que dicha cultura debía permitir a los estudiantes, futuros ciudadanos, influir en sus actitudes y vivencias.

Esta alfabetización científica en el campo educativo formal no se limita al aprendizaje de vocabulario científico sino a su comprensión, para que el ciudadano común logre aplicarlo eficazmente, particularmente en los asuntos que atañen a su vida cotidiana.

La búsqueda de una cultura científica no es privativa del ambiente escolarizado; la comunicación de la ciencia a través de distintos medios también está relacionada con dicho concepto, entendido en estos, de manera general, como la posibilidad de que los miembros de una sociedad sean capaces de hacer del conocimiento científico parte de su vida (Miller, 2001). De acuerdo con lo anterior, un individuo científicamente culto podría, entre otras cosas, comprender las relaciones entre ciencia y sociedad, la naturaleza de la ciencia, la diferencia entre ciencia y tecnología, algunos conceptos básicos de ciencia y las interrelaciones entre ciencias y humanidades. De esta manera, la cultura científica pretende que las personas usen los procesos de la ciencia para tomar decisiones; que interactúen con varios aspectos de su ambiente en una forma que sea consistente con los valores en que se apoya la ciencia; que entiendan y aprecien la relación entre la ciencia y la tecnología y las interrelaciones de estas con la sociedad; que desarrollen múltiples destrezas manipulativas asociadas a la ciencia y la tecnología; y finalmente, que posean en su vida una mayor riqueza y satisfacción (Millar, 2004).

Pero ante todo, el concepto de alfabetización científica postula lo importante que es establecer un puente entre la comunidad científica y la ciudadanía común. Establecer esta conexión traerá como resultado el que se pueda vislumbrar la actividad científica, y más genéricamente la ciencia, como una forma de conocimiento útil y funcional en el plano social (Pujol, 2002).

Al mismo tiempo, las reformas en la educación científica que promueven la formación de esta cultura científica hacen un llamado a la necesidad de preparar con calidad a los profesores, pues reconocen el importante papel que pueden desempeñar (McGinnis, Hestness, Riedinger, Katz, Marbach y Dai, 2012). Un reporte de la Unión Europea acerca de la educación en ciencias recomienda una inversión significativa para transformar el desarrollo profesional de los que la enseñan, que apoye no solo la adquisición de conocimientos científicos, sino también la práctica de una pedagogía innovativa y el manejo de ciertas habilidades (Osborne y Dillon, 2008). Sobre esa misma línea, en los Estados Unidos los estándares profesionales de la Educación Científica Nacional (*National Science Educational Standards*) promueven la formación de profesores que se involucren activamente en las investigaciones científicas y se acerquen a todos aquellos recursos que expandan sus conocimientos y habilidades en este campo (National Research Council, 1996).

Estas y muchas otras llamadas para reformar la preparación de los maestros en el ámbito de la ciencia provienen de que los mismos docentes reconocen que en muchas ocasiones asisten a impartir sus clases inadecuadamente preparados (Kelly, 2000). Esta misma autora señala diversas causas para esta situación, pero ante todo hace evidente la necesidad de una preparación magisterial innovadora y eficaz. Para lograrlo, algunos autores (Anderson, Lawson y Mayer-Smith, 2006) sugieren que la formación docente puede mejorarse si se establecen conexiones entre diferentes ambientes de aprendizaje, particularmente entre los recursos que aporta la formación profesional formal en los llamados ambientes educativos informales.

Entre los objetivos del presente artículo está discutir las ventajas potenciales de tales conexiones, no sin antes hacer una breve revisión de las ganancias educativas de acercamiento a las ciencias que se han vislumbrado en los ambientes informales.

El acercamiento a la ciencia a través de la educación informal

Se reconoce que en las últimas décadas, ante los cambiantes y crecientes contenidos y procesos de la ciencia y la tecnología, el público que requiere información continua y de calidad, se acerca a las llamadas facilidades de educación informal (Mejía, 2005). Estas conforman una larga lista, desde TV, cine, video, radio, publicaciones de todo tipo, Internet y, desde luego, los museos, que incluyen los zoológicos, acuarios, jardines botánicos, *arboretums*, centros de la naturaleza, los museos de historia natural y los museos de ciencias. En todos estos espacios se supone que tiene lugar el fenómeno de aprendizaje informal (Falk y Dierking, 2001).

En particular, en los museos se designa educación informal al proceso que ocurre cuando un visitante recorre libremente una exposición sin un objetivo educativo predeterminado. Su resultado, el aprendizaje informal, depende no solo del contenido y la presentación de la exhibición, sino también de las conversaciones de quienes acompañan al visitante, de su estado de ánimo y de sus conocimientos anteriores acerca del tema exhibido. Los investigadores del aprendizaje en los museos han llegado a comprender que se trata de un proceso acumulativo y que requiere tiempo para que ocurra (Falk, Dierking y Foutz, 2007).

El estudio de la modalidad educativa informal es en parte el resultado de un alejamiento del modelo educativo de transmisión-recepción, y el aprendizaje informal se considera como un diálogo entre el individuo y su ambiente cultural y social; se trata, opinan Priest y Gilbert (1994), de un esfuerzo contextual para lograr significados que finalmente permitan al individuo sobrevivir y hasta prosperar.

Se ha visto que en los espacios informales el aprendizaje es un proceso único, personal, contextual, rara vez lineal, siempre idiosincrásico. En los museos (donde se le ha documentado), lo que el visitante aprende está determinado por sus experiencias previas y por todo aquello que se pone en juego en la vivencia museística, incluyendo los contextos físico, personal y social. Lo que es claro es que de tal aprendizaje no es responsable una sola institución, de manera que la pregunta alrededor del aprendizaje informal ya no es qué aprende un individuo como resultado de una experiencia educativa, sino cómo contribuyó tal experiencia a la comprensión del individuo sobre un cierto tema o concepto (Falk y Dierking, 2001).

Hasta hace poco tiempo se dudaba de la existencia de aprendizaje en los ambientes educativos informales, sobre todo cuando se le equiparaba al proceso que ocurre en la escuela formal. Sin embargo, el aprendizaje informal ha sido ampliamente documentado en los museos de ciencias (Falk y Storksdieck, 2005), y se sabe que es de naturaleza eminentemente colaborativa, es decir, depende de la presencia de otros visitantes, quienes en sus conversaciones entre sí plantean dudas, ponen en juego y cuestionan sus ideas previas o preconcebidas sobre los fenómenos que observan, o bien se retroalimentan de las opiniones ajenas. Esta forma de aprendizaje está guiada por la curiosidad, y es mantenida por los retos que las diferentes exhibiciones van planteando a los visitantes, lo que aparentemente les genera la necesidad de comprender y saber más sobre un tema (Falk y Storksdieck, 2005).

Si bien en las dos últimas décadas se ha investigado mucho acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia en la educación formal, poco se ha incursionado en el proceso que ocurre en los ambientes educativos informales. Más recientemente, debido al despunte de los museos de ciencia como ambientes educativos con un impacto social (Guisasola y Morentin, 2005), a la proliferación de estos espacios en muchas ciudades del mundo, y a los recientes estudios que describen el fenómeno del aprendizaje en ambientes informales, se ha llegado a

considerar a los museos espacios idóneos para el aprendizaje informal (Griffin y Symington, 1997), particularmente para el caso de las ciencias naturales.

Es así que las experiencias de aprendizaje informal han pasado a ocupar un lugar importante en la educación científica de la población en general, y aunque todavía se discute la calidad de sus aportaciones a la educación formal, históricamente las escuelas han recurrido a diversos ambientes educativos informales para ampliar o completar la enseñanza escolarizada (Lucas, 2000).

Más aún, Anderson et al (2006) argumentan que los programas que conectan la llamada educación científica informal con la formal pueden modificar las visiones de la ciencia que tienen los maestros en formación, especialmente en cuanto a su enseñanza y aprendizaje. Pero también apuntan que los ambientes de aprendizaje informal, como los zoológicos, los jardines botánicos, y sobre todo los museos de ciencia, pueden resultar de ayuda para generar confianza en los futuros docentes, lo anterior aunado a que estos espacios les ofrecen diversos recursos para suplementar el aprendizaje de la ciencia que ocurre en la escuela formal.

Debido a las características únicas que poseen los espacios de educación informal en ciencias, y que se detallarán más adelante, se considera que potencialmente pueden incidir en la formación de profesores, en cuanto a la posibilidad que ofrecen de practicar diferentes formas de enseñanza y, sobre todo, a la oportunidad que les brinda de estudiar el proceso de indagación en acción, o bien, al estudio de primera mano sobre concepciones alternativas en distintas disciplinas científicas (Guisasola y Morentin, 2005).

Igualmente hay quienes argumentan que esta modalidad educativa da la oportunidad a los docentes de preparar sus futuros cursos o adentrarse en temáticas de vanguardia, de manera que en particular el maestro de ciencias en formación tendrá en el museo de ciencias no solo la oportunidad de acercarse a la ciencia y a sus protagonistas, sino además la posibilidad de contar con un laboratorio para estudiar acerca del aprendizaje de las ciencias y poner en práctica algunas de sus intenciones didácticas (Díaz, Echevarría, Morentin y Cuesta, 2003).

La literatura reciente sobre educación en ambientes informales (que tiende a denominarla educación extraescolar (*out of school*)) (Tal y Steiner, 2010), empieza a lanzar una mirada crítica sobre su potencialidad educativa, en particular como apoyo o complemento a la enseñanza escolarizada de las ciencias.

El presente artículo pretende dar a conocer a los lectores las fortalezas y debilidades de las opciones educativas extraescolares y en particular, intenta dar elementos para analizar la posible contribución de los museos de ciencias a la enseñanza escolarizada.

Los museos como medios de comunicación de la ciencia

Sabido es que en la escuela formal suelen ocurrir encuentros desafortunados con la ciencia: donde el conocimiento del medio natural ha sido prioritariamente sustituido por la enseñanza de principios y reglas difícilmente aplicables a la vida real (Autor, 2007). Lo anterior trae como resultado la animadversión o la falta de interés del público por la ciencia.

Esta situación planteó desde hace tiempo la necesidad de contar con espacios educativos alternos en los que se propicie de manera más atractiva un acercamiento a la ciencia y a la tecnología. Entre estos espacios se encuentran los llamados museos de ciencia, que en su concepción reciente intentan aproximar a la ciencia a públicos diversos a través de exposiciones museográficas.

Los museos en general pueden ser considerados sitios de experiencias enriquecedoras de aprendizaje y socialización y, por lo mismo, se han visto como recursos educativos muy valiosos. En particular, los museos de ciencias han marcado un nuevo estilo museístico, pues exhiben prioritariamente ideas a través de equipos expresamente contruidos, más que colecciones de objetos, como sucede con otros tipos de museos (Pérez, Díaz, Echevarría, Morentin y Cuesta, 1998). Con estos equipos, el público puede hacer exploraciones usando las manos, los sentidos y la mente, además de recopilar información diversa a partir de observaciones detalladas.

Igualmente, a través de la interacción con las exhibiciones, los visitantes y en particular los escolares pueden practicar diversas habilidades involucradas en la indagación científica, como observar, evaluar, clasificar, comparar, analizar, encontrar patrones, aplicar ideas a situaciones nuevas, reunir información, sistematizarla, usar evidencias crítica y lógicamente y comunicar información de diferentes formas (Griffin, 1998).

Originalmente, los centros o museos de ciencia tendían únicamente a exhibir procesos e ideas científicos, que los visitantes experimentaban mediante la manipulación de los llamados equipos interactivos. A través de la interacción con estos objetos, fabricados y conceptualizados por el propio museo, se intenta que el visitante no especializado adquiera información científica y técnica en forma accesible y novedosa, ya que en la construcción de estos objetos se incluye una gran variedad de medios, desde mecanismos físicos, electrónicos, de cómputo, maquetas, demostraciones, etc.

Para el caso de las visitas escolares, se supone que al accionar dichos equipos maestros y alumnos pueden reconsiderar sus ideas intuitivas acerca del mundo natural (Ash, 2007). Sin embargo, autores como Allen (2004) cuestionan la efectividad de los equipos como herramientas de enseñanza, ya que en su opinión la sola interacción no garantiza la comprensión de lo que los diseñadores y educadores del museo quisieron transmitir.

Otra de las funciones que desde un inicio contemplaron los museos de ciencias es brindar la posibilidad de que los asistentes adquieran opiniones fundamentadas acerca de la ciencia, indispensables para el ciudadano contemporáneo que vive rodeado de constantes cambios e innovaciones en materia de ciencia y tecnología, y sin las cuales se convierte en un individuo manipulable o escasamente participativo en la toma de decisiones importantes en la sociedad actual (Vasconcelos y Félix, 2005). Estas instituciones igualmente pretenden incrementar y mejorar la confianza del usuario frente a las ideas y artefactos técnicos, ya que su estilo de exhibir materiales diversos en tres dimensiones, donde se permite la manipulación de los equipos y el cuestionamiento directo a los expertos o a los intérpretes de tales equipos, genera una relación amable con la ciencia y la técnica (Aguirre y Vázquez, 2004). Sin embargo, la exhibición de las ideas científicas a través de estos artefactos es vista ahora como una descontextualización del proceso científico (Bradburne, 1998).

Posteriormente, estos museos adoptaron la modalidad de las exhibiciones temáticas, en un principio de corte didáctico, donde la narrativa de una autoridad en la materia da a conocer diversos aspectos de la ciencia. En esta forma de exponer, el usuario puede tener al alcance diversos recursos de exhibición, desde objetos reales, hasta las innovaciones tecnológicas más recientes. Recientemente se ha planteado utilizar esta modalidad temática para propiciar debates y crear ambientes de aprendizaje efectivos para aprender acerca de la ciencia y, sobre todo, para comprender mejor el quehacer científico, especialmente cuando este tipo de exhibiciones presentan temas críticos y de impacto social (Pedretti, 2004).

A pesar de las críticas que ahora se hacen a la forma de exhibir de los museos de ciencias, por mucho tiempo se ha considerado que, después de los medios de comunicación masiva, estos

espacios son algunas de las instituciones que pueden colaborar junto con la escuela para lograr una cultura científica en la población (Autor, 2009)

Por lo anteriormente expuesto, los museos de ciencia han sido considerados como una de las instituciones más importantes para la comunicación pública de la ciencia y la tecnología, al punto que los últimos 30 años han atestiguado una gran expansión mundial de estos espacios. Lo anterior ha llevado a la acumulación de experiencia acerca de su proceso de creación, de la construcción de exhibiciones, de su gestión y manejo, y sobre todo de la consideración de las opciones educativas que ofrecen a públicos variados (Rennie y Mc Clafferty, 1999).

La divulgación de la ciencia que se genera en el museo reviste características muy peculiares porque, a diferencia de la que surge de otros medios como las revistas, diarios, radio o TV, donde no se conoce al receptor, en los museos se tiene trato directo con este.

Como ya se mencionó, salvo en el caso de los grupos escolares, las audiencias de los museos se componen de unidades sociales no relacionadas que muestran un conocimiento heterogéneo previo acerca del tema abordado. El educador del museo debe entonces considerar el carácter infinitamente variado en gustos, necesidades y conocimientos del público, por lo cual requerirá una preparación especializada, ya que necesita saber que el público hará una libre elección de recorridos temáticos y formas de abordar los equipos exhibidos (Falk y Dierking, 2002).

La recepción del mensaje de divulgación del museo puede ocurrir en diferentes grados y modalidades, desde que el visitante reciba una impresión pasajera, hasta que quede en este una huella indeleble (lo que ha llevado a pretender que el museo pudiera ser un medio para crear vocaciones); otras veces el visitante se forma un inventario mental de temas que puede archivar para futuras consideraciones. Por lo anterior, en muchas de las exhibiciones producidas en los últimos años se toma cada vez más en cuenta al público, de manera que ha aumentado la legibilidad de sus cédulas, han disminuido los textos, cada vez se hace más evaluación, y el contenido de las exhibiciones refleja día a día el conocimiento de los visitantes y sus intereses.

Muchas de las características mencionadas de los museos de ciencias han hecho pensar e incluso afirmar a algunos autores (Anderson et al, 2006) que existe la posibilidad de constituir excelentes recursos educativos para la práctica docente, ya sea como complemento o como apoyo a la enseñanza escolarizada. Así mismo se ha afirmado que la educación escolarizada puede beneficiarse de la educación extraescolar (Rennie y Johnston, 2004).

Las supuestas ventajas educativas de los espacios de educación informal han propiciado que la investigación educativa voltee su mirada a los museos de ciencias para comprender la manera en que estos pueden facilitar el aprendizaje de la ciencia a los estudiantes de diversos grados y constituirse en estrategias y recursos para la formación del profesorado de ciencias (Griffin, 1998).

Aubusson y Kearney (2012) encuentran que los contextos extraescolares son valiosos en la medida en que muchas de las características que poseen como ambientes de aprendizaje pueden ser adaptadas al aula. Pero más que todo, resultan ser importantes cuando lo que se busca es promover la curiosidad y exploración de los estudiantes, y en particular de motivación hacia la ciencia (Guisasola Solbes, Barraques, Morentin y Moreno, 2009). A su vez, hay docentes que encuentran en el museo un espacio para experimentar con sus propias ideas y vivir las experiencias que podrán llevar posteriormente al aula (Guisasola y Morentin, 2005; McGinnis et al., 2012; Díaz et al, 2003).

Es necesario mencionar que si bien el museo pone a disposición de las escuelas objetos y equipos que no siempre son accesibles en el ambiente escolar, y ofrece la posibilidad de que se

expresen diferentes estilos de aprendizaje, más que todo provee oportunidades de aprender de manera libre e independiente a sus usuarios (Gerber, 2001). Pero es precisamente esta característica tan personal del aprendizaje extraescolar (Hein, 1998) lo que en parte genera que la visita escolar represente una problemática particular que plantea numerosos retos a las dos instituciones, tanto al museo como a la escuela.

La relación entre el museo y la escuela

El interés por la relación museo-escuela se remonta a hace más de una década (Storksdieck, 2006), y la investigación educativa que sobre esta se realiza ha mostrado que las visitas extraescolares pueden ser una valiosa herramienta para la enseñanza, en especial en las dimensiones psicomotora y afectiva, y particularmente en el renglón motivacional. Sin embargo, para el caso de los museos de ciencia, los diversos trabajos realizados en los últimos años señalan una gran variación en los resultados de acuerdo con los diferentes equipos evaluados e incluso a los diferentes tipos de museos considerados (Rennie y MacClafferty, 1996); este aspecto deberá ser abordado en futuras investigaciones, junto con el problema de que en la educación extraescolar no suele haber evaluación consistente del aprendizaje, y los pocos estudios al respecto se enfocan prioritariamente al aprendizaje conceptual (Tal, 2012).

Si bien en los ambientes educativos informales y en los eventos extraescolares los aspectos cognitivos y afectivos del aprendizaje se apoyan entre sí, parece ser que no todos los encuentros con los museos son positivos, particularmente en el caso de los grupos escolares, donde los aspectos organizativos y logísticos de la visita extraescolar tienden a disminuir las ganancias educativas esperadas (De Witt y Osborne, 2010; Tal, 2012; Guisasola et al, 2009). Esto implica por tanto que, entre otras cosas, para mejorar la relación museo-escuela el primero debe atender una serie de problemas organizativos y conocer muy bien a su huésped; debe estar al tanto de las expectativas del público y analizar cómo le puede dar una respuesta adecuada, mientras busca cómo insertar las visitas escolares en su política general de atención al público. Será necesario que el museo se pregunte qué pretende comunicar a los estudiantes en grupo, y al mismo tiempo, qué deberá hacer para generar en estos un futuro público asiduo y autónomo.

Para algunas escuelas, la visita se considera una herramienta de aprendizaje. Por ejemplo, se ha encontrado que muchos maestros la utilizan para motivar a sus estudiantes, para enseñarles temas que por alguna razón no pueden ser cubiertos eficazmente en el aula, para complementar la enseñanza de otros, e incluso para acercar a los estudiantes a su propia comunidad (Camareno-Izquierdo, Garrido-Samaniego y Silva-García, 2009).

De esta manera, la visita puede ser vista por la escuela como acontecimiento y vivencia, en tanto posibilita experiencias de aprendizaje que en ocasiones no puede ofrecer la enseñanza escolarizada. Al mismo tiempo, es necesario señalar que dado que algunas de estas experiencias son de carácter lúdico y manipulativo, muchas escuelas las evitan por temor a distraer a sus alumnos. Sin embargo, es importante que se comprenda que esta característica de algunas exhibiciones es lo que precisamente les permite funcionar como motivadores iniciales hacia los temas que a la escuela interesa revisar en el museo. En efecto, la visita puede ser considerada por la escuela como un puente de acercamiento a la ciencia cuando se considera a la motivación un componente decisivo en el proceso de enseñanza aprendizaje, especialmente para temas que en la escuela han sido tratados de manera más abstracta (Pérez et al, 1998).

De los trabajos anteriormente comentados, es posible notar que la investigación educativa en el museo se ha enfocado prioritariamente a los profesores, mientras que los estudiantes,

destinatarios de la acción docente, han recibido menos atención (Eshach, 2006). Pero habrá que considerar que, finalmente, el estudiante suele ver el museo con los ojos del profesor, de manera que si para este último se trata de un lugar de motivación y aprendizaje lúdico, el alumno adquirirá conocimientos de forma interesante y amena, lo que probablemente le invite a regresar o le convierta en futuro visitante, aunque ya no sea en visita escolar. Si, por el contrario, para el profesor, y por ende para el estudiante, se trata de una “obligación” pesada, larga y tediosa, en la que hay que ver mucho pero sin entender, el alumno sentirá que con la visita escolar ha cumplido su obligación de por vida y no intentará regresar (Kisiel, 2003).

Lo que sí puede afirmarse es que la mayoría de los estudiantes conservan recuerdos del contexto y del contenido de por lo menos alguna visita al museo en su vida escolar (Gutiérrez, y Jacobson, 1994). Estos recuerdos serán negativos cuando además se les pide realizar actividades para las que no hay motivación, cuando son inadecuadas para sus habilidades, cuando los hacen sentir ridículos o les obstaculizan la interacción social (Griffin, 2004).

No cabe duda de que el punto principal consiste desde luego en preparar la visita, lo que evita enfrentar a los estudiantes a ambientes y conceptos nuevos sin previa información y sensibilización. Esto además implica tomar en cuenta la situación cultural e individual de cada uno de ellos, si es que se busca que ocurra un aprendizaje informal.

Pero ante todo, la preparación de la visita tendrá prioritariamente la intención de dar a los estudiantes el dominio de su propio aprendizaje, es decir, libertad de acción, lo que implica satisfacer sus necesidades de orientación en un ambiente desconocido como es el museo, y finalmente habrá que buscar que la visita esté enmarcada al menos en una unidad escolar de aprendizaje, donde se establezcan claramente sus propósitos, y donde se puedan generar motivaciones e intereses hacia el tema, primero de manera grupal en el aula, pero ya en el museo de manera individual. Es claro que estas recomendaciones representan trabajo extra al docente, pero, sobre todo, un cambio de actitudes hacia su papel en el museo.

El encazamiento curricular y la comprensión del aprendizaje que ocurre en ambientes educativos informales tienen una componente que permite explotar las potencialidades que el museo de ciencias ofrece en este campo: se refiere a la posibilidad de realizar en el museo actividades de índole práctica. El diseño de las exhibiciones bajo la idea de interactividad, así como las demostraciones, talleres y otras actividades de extensión, son idóneos para el despliegue de competencias relacionadas con el trabajo práctico en ciencias (Griffin, 1998). Esta forma de trabajo tiene como intenciones profundizar en la comprensión de las ideas científicas, que los estudiantes experimenten los fenómenos científicos y, finalmente, que adquieran herramientas propias de la investigación científica. Griffin (1998) se refiere a estas actividades como aprender ciencia, aprender acerca de la ciencia y aprender a hacer ciencia.

A manera de conclusión y retomando las recomendaciones de Guisasola y Morentin (2005), para hacer de la visita escolar al museo una experiencia fructífera, habrá que insistir en la necesidad de planear la visita con la intención de aprender, siempre y cuando se utilice el currículum como guía flexible. Es necesario también considerar la visita como una actividad diferente a la escolar y planearla de esa manera; en este caso se sugiere que se haga tomando en cuenta las características propias del aprendizaje informal. Un elemento más propuesto por estos autores es considerar todos los aspectos de índole práctica que hacen de la visita un evento agradable, en especial procurar darle una duración adecuada.

Habrà que enfatizar que la programación del museo pensada para el trabajo con las escuelas tiene que presentar entradas temáticas diversas, y no necesariamente desarrollos completos de programas escolares. Una sociedad funcional de la escuela con el museo se caracteriza por

ensamblajes específicos, en parte diferentes de la didáctica escolar, y también distintos de la educación en museos en general.

En su relación con el museo, la escuela es mediadora en un doble sentido: por un lado, el docente presenta la temática del museo a sus alumnos; por otro, presenta al museo quiénes son sus alumnos, qué saben, cuáles son sus dudas. En otras palabras, sobre el docente recae una gran carga en la educación extraescolar, ya que su labor esencial consiste en lograr que entre ambas instituciones se establezca una conexión, pero sin hacer desaparecer las distancias y diferencias entre su práctica y la del museo (Citterio, 1993).

Los docentes y el museo

Desde hace más de tres décadas se concibieron los museos de ciencias como una alternativa para llevar el conocimiento científico al visitante común, que por diversos motivos se ha alejado o no tiene acceso a la educación formal en este campo, o bien, para complementar la educación científica de la población escolar, que normalmente carece de oportunidades demostrativas, experimentales y de descubrimiento en las aulas (Autor, 2009). Pero como se vio en el apartado anterior, la educación científica extraescolar está unida a una serie de problemáticas que no pueden soslayarse.

Sabido es que ante las visitas escolares al museo los maestros enfrentan una enorme y agobiante tarea (Alderoqui, 1996), pues requieren habilidades especiales, no sólo de guías, sino como organizadores (seguridad, horarios, permisos, etc.). Por ello es que la literatura sobre la relación museo-escuela si bien reitera constantemente la necesidad de la colaboración entre maestros y museo (Tal y Steiner, 2010), se enfoca mayoritariamente a discutir los aspectos operativos de la visita, y ha dejado en segundo plano el estudio del papel del docente como facilitador de las experiencias extraescolares (Griffin y Symington, 1997).

A esto habrá que sumar el hecho de que además de la preparación logística de la visita, se espera que los maestros adecuen la visita al currículum escolar, asunto en el que también se insiste en la literatura y en los manuales operativos para el docente, y cuyo papel en el éxito de la visita es relevante (Camareno-Izquierdo et al, 2009), pero al que restan importancia y tiempo el gran número de problemas de índole práctica que los maestros afrontan frente a una visita extraescolar (Eshach, 2006).

Si retomamos el asunto de la complementariedad entre el museo y la escuela, el currículum representa el nexo obligado entre ambas instituciones, y de hecho las escuelas buscan conectarlo con el museo, aunque a veces las excursiones no lo logran (De Witt y Osborne 2010). Varios estudios señalan que cuando se integran al currículum las experiencias de aprendizaje externas a la escuela, se aumenta el impacto educativo de las visitas (Eshach, 2006). Este mismo autor señala que muchos profesores persiguen utilizar el currículum en la visita no solo para conectarlo a las exhibiciones interactivas, sino además para practicar habilidades del lenguaje, introducir a nuevos temas, integrar las propias unidades del currículum, e incluso generar otro tipo de conexiones con el museo.

Sin embargo, las entrevistas directas a los docentes señalan que muchos ignoran cómo conectar la visita con el currículum, aunque se dicen preocupados por generar motivación e interés, disfrute, y experiencias nuevas de aprendizaje en los estudiantes (Eshach 2006). Aquí cabe una llamada de atención: será necesario evitar la rigidez en el uso del currículum en conexión con los contenidos del museo, ya que el primero deberá utilizarse únicamente como guía en la búsqueda de experiencias abiertas y libres que solo el museo es capaz de proporcionar. Hay que tomar en cuenta que este giro en la visión del aprendizaje no es fácil para muchos docentes y que, por tanto, será necesario proporcionarles información y

capacitación al respecto; de otra manera, la visita escolar al museo de la que se aprecia ante todo la adquisición de conocimientos simplemente será transferida del aula al museo.

El resultado de lo anteriormente expuesto es que ya en el museo los maestros suelen sentirse intimidados con la visita, dado que en muchas ocasiones ni siquiera tienen claras sus metas (Griffin, y Symington, 1997). En un estudio que realizaron estos últimos autores encontraron que solamente el 50% de los profesores encuestados fueron capaces de describir los objetivos de la visita; y aunque la mayoría opinan que se trata de una experiencia valiosa, no saben cómo o en qué es valiosa (Kissiel, 2003).

Estas respuestas resultan preocupantes, sobre todo si se considera que el profesor es pieza clave de la comunicación que se establezca entre el museo y la escuela (Falk, y Adelman, 2003), y que su actitud ante el museo y la forma en que pueda utilizarlo condicionarán los resultados obtenidos, no solo en cuanto a conocimientos, sino también en lo que se refiere a actitudes de sus alumnos.

En un intento por evitar exponerse a situaciones embarazosas generadas por las preguntas de los estudiantes que reciben información nueva y por las observaciones novedosas en el museo, los profesores suelen utilizar estrategias orientadas a la resolución de problemas previamente planteados o a la aplicación de cuestionarios de corte escolar (Kissiel, 2003); sin embargo, lo ideal es que los profesores tomaran una función activa durante la visita, ya que son ellos quienes mejor conocen a sus estudiantes y quienes debieran ser capaces de hacer las conexiones entre la ciencia escolar y la exhibida por el museo. También de ellos se esperaría una recapitulación y un cierre adecuado de las actividades extraescolares (Tal y Steiner, 2010). Pero con maestros poco seguros de sus conocimientos, en un ambiente nuevo y amenazante, desprotegidos por el museo y la escuela, la mayoría de ellos cuando mucho prefieren asistir al guía a mantener el orden, si no es que llegan a dejar solo al grupo (Tal y Steiner, 2010).

Para Pedretti (2002), las visitas a los museos de ciencias forman parte de las estrategias para promover la cultura científica tanto en los estudiantes como en la población adulta. Pero señala que los resultados de la investigación sobre el uso de los museos de ciencia como instrumentos de aprendizaje para los escolares muestran que los profesores establecen pocos o limitados objetivos para la visita al museo, y que mucho menos relacionan a la ciencia con aspectos sociales o desarrollan actividades prácticas, y que suele haber muy poca preparación para la visita y poco seguimiento de esta.

Esta autora expresa igualmente que la investigación educativa está interesada en la búsqueda de alternativas por parte del museo para apoyar el aprendizaje emanado de la experiencia extraescolar. Este interés está ilustrado por el creciente número de proyectos de investigación sobre la interfase entre el currículum escolar y las visitas al museo. Señala igualmente que muchos estudios han mostrado que las visitas a los museos organizadas con actividades que se desarrollan durante la visita, y que parten de la preparación pre y posvisita para discutir en clase, pueden aumentar considerablemente el interés por la ciencia, e incluso el conocimiento de los estudiantes.

Por otro lado, Gupta y Adams (2012) consideran que aprender a enseñar es una actividad práctica bordada por procesos socioculturales, históricos y políticos. Su experiencia docente les ha permitido comprobar que el involucramiento activo y la participación de los maestros en instituciones de aprendizaje informal median el desarrollo de prácticas, comprensiones y teorías locales acerca de la enseñanza y el aprendizaje y que, por tanto, proveen a los profesores de recursos invaluable, de donde pueden emerger las teorías de la enseñanza y el aprendizaje, pero ahora en ambientes diferentes a las aulas.

Estos mismos autores opinan que las instituciones de educación informal son espacios diseñados para aprender acerca de la ciencia y el mundo natural, y que cada día hay más evidencia de que las asociaciones entre las escuelas de preparación de maestros y los museos pueden proveer contextos ricos para practicar la enseñanza de los profesores en formación, pero que, sin embargo, el papel que los museos juegan en la educación de estos últimos todavía no llega a su máxima expresión.

Gupta y Adams (2012) finalizan su artículo defendiendo que los museos son laboratorios únicos para aprender como enseñar, lo que no está exento de ciertos retos como, por ejemplo, la puesta en juego de las diferencias culturales institucionales entre el sistema educativo informal y el ambiente formal de las escuelas magisteriales, además de que los autores mencionados tienen muy claro que se requiere tiempo y negociación para sacarle provecho a la relación entre ambas instancias.

Por su parte, McGinis et al (2012) relatan que los ambientes informales permiten a los docentes experimentar aprendizaje en distintos contextos, tener perspectivas más amplias de la enseñanza y el aprendizaje, mejorar el conocimiento de ciencias y desarrollar habilidades profesionales. Pero, al mismo tiempo, estos autores enfatizan otras problemáticas, como por ejemplo que muchos ambientes informales se enfocan únicamente en unos cuantos tópicos de ciencias. Lo mismo opina Chin (2004), quien dice que los ambientes informales, como los museos, enfatizan más unos contenidos de ciencia sobre otros. Otro problema es el corto tiempo en que se suelen realizar las prácticas magisteriales en los museos, y Jung y Tonso (2006), opinan que la práctica profesional en los ambientes informales da oportunidades limitadas a los profesores en formación para desarrollar habilidades científicas, que además carecen de reforzamiento.

Si bien deberán ser tomadas en cuenta muchas de las problemáticas discutidas en la literatura acerca de la conveniencia de la educación extraescolar, en especial en relación con los museos de ciencia, será necesario también analizarlas en su justa dimensión, pues todavía en muchos países con sistemas educativos poco favorecidos las alianzas entre escuelas y museos pueden ser un instrumento más en la realización de proyectos de construcción de ciudadanía y democratización (Alderoqui y Pedersoli, 2005). En los países con menos recursos educativos, la alianza profesional entre museos y escuelas implica que ambos comprendan que los museos son lugares privilegiados para responder a la formación cultural de sus alumnos y que ya no se trata solamente de visitar el museo, sino de ir allí en busca de respuestas, nuevos interrogantes y experiencias enriquecedoras y fluidas que multipliquen a su vez las necesidades de otras experiencias (Citterio, 1993).

Alderoqui y Pedersoli (2005) consideran que, si no lo hacen desde el marco de la escuela, hay amplios sectores de la población en América Latina que nunca llegarán a asistir a los museos. Relatan sus experiencias de aulas-museo, que muestran que cuando los docentes y las escuelas sienten que tienen un lugar en el museo, que sus voces son escuchadas, que las experiencias de sus alumnos y sus proyectos pedagógicos pueden resultar enriquecidos, se convierten en visitantes que concurren una y otra vez al museo en búsqueda de nuevas propuestas. Y señala que la sociedad cultura-educación provoca una demanda hacia las escuelas y hacia los museos para poner uno a disposición del otro ya que en estos se producen relaciones e intercambios entre alumnos y especialistas, curadores y guías, y también entre docentes y especialistas. Esta autoras tienen claro que estos intercambios no son exactamente iguales a los que tienen lugar en las escuelas, pues en el museo se posibilita proveer contextos, que se aproximan a los de laboratorios científicos, institutos de investigación o talleres. Y para dichas autoras, esta es una contribución genuina y diferente que el museo puede aportar a la escuela.

Una contribución del museo para la formación del profesorado

Hasta ahora se ha hablado de las fortalezas y debilidades de la relación museo escuela y en particular de las relaciones entre el profesorado y las opciones de educación extraescolar, especialmente en los museos de ciencia.

Independientemente de las bondades potenciales de esta última relación, es importante mencionar la que parece ser la opción educativa más importante que el museo puede ofrecer, sobre todo al docente en formación. Se trata de la oportunidad que muchos museos ofrecen de cursos de formación sobre contenidos artísticos, científicos e históricos específicos, para todos aquellos que quieran enriquecer sus prácticas educativas. Así los docentes pueden recurrir al museo no solo pensando en las experiencias y el aprendizaje de sus alumnos, sino también para enriquecer su propia formación profesional.

Se trata de otras formas de educación que ocurren fuera de los programas de la escuela formal obligatoria, pero que están intencionalmente organizadas para alcanzar ciertas metas educativas, y que habrá que distinguirlas de las actividades de educación informal, cuyas características se han explicado en párrafos anteriores.

En general se suele englobar a estas prácticas dentro de la modalidad educativa no formal, término acuñado hace ya varias décadas por Coombs (1985) que con nuevas aportaciones provenientes de la experiencia práctica en algunos países de Latinoamérica ha permitido describir aquellos eventos educativos en el museo que no están directamente relacionados con la educación extraescolar, pero tampoco con la escuela formal.

En particular este enfoque educativo es parte de una red de aprendizaje que hace posible que todos los miembros de nuestra sociedad aprendan a cualquier edad, dependiendo de sus necesidades e intereses. Es indispensable señalar que la diferencia entre las opciones educativas informal y no formal es que en la última las actividades poseen metas educativas claras y definidas, y por tanto se trata de un proceso educativo intencional, metódico y perfectamente planeado, aunque al no estar sujeto a las regulaciones del sistema escolarizado oficial y formal, su metodología puede ser extremadamente variada. La educación no formal es conducida por personal calificado, aunque sus credenciales pueden ser muy distintas a las de los profesores de la escuela formal. Las modalidades de enseñanza empleadas son también muy variadas, ya que pueden efectuarse mediante ciclos de charlas, programas de conferencias, seminarios, simposios, cursos intensivos, cursos por correspondencia, etc. Lo que debe quedar claro es que todas ellas están a servicio del profesorado para que este pueda ampliar sus horizontes, conocimientos y enfoques sobre la enseñanza de las ciencias.

Aunque no existe una teoría general o global acerca de la educación no formal, esta ha sido ampliamente usada para lograr el desarrollo profesional y para preparar técnicos calificados en muchos países (Trilla, 1992). Hay que añadir que la educación no formal puede ser tan eficaz o tan deficiente como la educación formal, pero que tiene la ventaja de poder obtener subsidios de fuentes muy diversas, desde públicas hasta privadas.

En términos de los receptores, la educación no formal no está especialmente dirigida a alguien en particular, pero al mismo tiempo es específicamente adecuada a receptores particulares. En lo que se refiere a su currícula, esta se caracteriza por su capacidad de adaptarse en sitios diversos a personas con muy distintas preparaciones básicas y necesidades de formación, dado que sus contenidos son en general más prácticos y menos abstractos que en la escolaridad formal; finalmente, la educación no formal permite fácilmente la integración a sus programas de muchos aspectos culturales locales. En este sentido resulta un recurso importante para la formación docente complementaria. Dado que su metodología no es específica, sus medios,

contenidos y apoyos financieros son muy flexibles, y en lo que respecta al control, evaluaciones y trabajos, hay numerosas formas de llevarlos a cabo (Hamadache, 1991).

Las actividades no formales que suelen ofrecer los museos de ciencias están dirigidas a un público muy diverso, que acude voluntariamente, que lo hace en su tiempo libre y a quien se desea hacer llegar los contenidos científicos, pero a través de otras actividades más variadas aparte de la interacción con las exposiciones; es aquí donde el profesorado puede incluso solicitar a la institución la instauración de cursos adecuados a sus necesidades de formación o práctica profesional (Valdés, 1999).

Dado que la educación no formal es organizada y sistemática, y se dirige a grupos específicos de la población, existen numerosas actividades y servicios muy variados que los visitantes y los profesores pueden utilizar libremente; su programación es flexible y no presentan exigencias académicas. Esta actividad cultural forma parte de los variados servicios que el museo ofrece al público casual con el objeto de facilitar su acceso a las exhibiciones y los programas. Dichos servicios no solo incluyen una amplia oferta de actividades, sino también otras facilidades, como sistemas de información en el interior y en el exterior del museo.

Mientras que en el ámbito de la educación formal los receptores son abordados como poblaciones más o menos homogéneas, en la educación no formal cada actividad es programada para adecuarse a las necesidades de cada uno, característica que pone al alcance de los docentes la posibilidad de acercarse al conocimiento científico y tecnológico de acuerdo con sus intereses.

Por lo anterior, muchos museos de ciencias han desarrollado metodologías que permiten evaluar las necesidades educativas (relacionadas con la ciencia y la tecnología) de estas poblaciones, y ofrecen programas diseñados conforme a sus demandas e intereses, pero dependiendo de las capacidades y presupuestos de los museos.

Para llevar a cabo estos programas de educación no formal, los museos crean vínculos entre los investigadores y diferentes tipos de audiencias entre los que están los maestros de ciencia de diferentes niveles escolares, con la intención de ponerlos al día en temas científicos relevantes, como el cambio climático, la clonación, el sida, etc., y se les enseña cómo involucrar a sus estudiantes en dichos tópicos. Igualmente se cuenta con programas que conectan a estudiantes y docentes interesados en las ciencias, para que trabajen con los científicos universitarios en sus laboratorios durante el verano o en la época vacacional.

Ahora que en diversos ámbitos se empieza a cuestionar el futuro de los museos de ciencia porque muchos de ellos han resultado incosteables, el tema de la educación no formal en estas instituciones empieza a ser cada día más explorado. Muchos museos poseen experiencias sobre educación no formal que pueden servir de inspiración a otras instituciones.

Los temas abordados a lo largo del presente artículo permiten señalar numerosas implicaciones para la investigación educativa, pues esta sugiere que otras formas educativas pueden ofrecer un soporte a la educación de los profesores (McGinnis et al., 2012); únicamente habrá que tener siempre presente que todas estas alternativas no están exentas de retos, pero que al mismo tiempo representan opciones novedosas, cuya efectividad está ligada a la continuación de este tipo de estudios.

Referencias bibliográficas

- Acevedo, J.A., Vázquez, A., y Manassero, N.A. (2003). Papel de la educación CTS en la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), s/p. (www.saum.uvigo.es/reec/)
- Aguirre, P.C., y Vázquez, A.M. (2004). Consideraciones generales sobre la alfabetización científica en los museos de la ciencia como espacios educativos no formales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), s/p. (www.saum.uvigo.es/reec/)
- Alderoqui, S. (1996). Museo y escuela: una sociedad posible. En S. Alderoqui (comp.). *Museos y Escuelas: socios para educar*. (1ª Edición), Barcelona: Paidós, 29-44.
- Alderoqui, S., y Pedersoli, C. (2005). *La educación en los museos*. Buenos Aires: Paidós.
- Allen, S. (2004). Designs for learning: studying science museum exhibits that do more than entertain. *Science Education*, 8(1), 17-31.
- Anderson, D., Lawson, B., and Mayer-Smith, J. (2006). Investigating the impact of a practicum experience in an aquarium on preservice teachers. *Teaching Education*, 17, 341-353.
- Ash, D. (2007). Talk, tools, and tensions: observing biological talk over time. *International Journal of Science Education*, 29(12), 1581-1602.
- Aubusson, P., Giffin, J., and Kearney, M. (2012). Learning beyond the classroom: implications for school science. In B J: Fraser et al (eds.). *Second International Handbook of Science Education*, Springer International Handbooks of Education 24, 1123-1134. DOI 10.1007/978-1-4020-9041-7_74, Springer Science+Business Media B.V.2012
- Bradburne, J. (1998). Dinosaurs and white elephants: the science center in the twenty-first century. *Public Understanding of Science*, 7, 257-253.
- Camareno-Izquierdo, C., Garrido-Samaniego, M.J., and Silva-García, R. (2009). Generating emotions through cultural activities in museums. *International Review on Public and non Profit Marketing*, 6(2), 151-165.
- Chin, C.C. (2004). Museum experience-a resource for science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 63-90.
- Citterio, R. (1993). *Action culturelle et pratiques artistiques*. Paris: Hachette.
- Coombs, P. (1985). La crisis Mundial de la Educación. *Perspectivas actuales*. Madrid: Santillana.
- DeWitt, J., and Osborne, J. (2010). Recollections of exhibits: Stimulated recall interviews with primary school children about science centre visits. *International Journal of Science Education*, 32(10), 1365-1388.
- Díaz, P., Echevarría, M.P., Morentin, P., y Cuesta, L. (2003). Utilización del museo de ciencias como recurso didáctico en educación social. *Revista de Psicodidáctica*, 1(15-16), 1-12.
- Eshach, H. (2006). Bridging in-school and out-of-school learning: formal, non-formal and informal education. *Journal of Science Education and Technology*, 16(2), 171-190.
- Falk, J., and Storksdieck, M. (2005). Learning science from museums. *Historia. Ciencias. Saúde-Manguinhos*, 12 (supplement), 117-143.
- Falk, J., Dierking, L., and Foutz, S. (2007). *In principle, in practice. Museums as learning institutions*. Washington: Altamira Press.

- Falk, J., and Dierking, L. (2001). Learning from science centers: a broader perspective. *ASTC Dimensions*, January/ February 2001.
- Falk, J., and Dierking, L. (2002). *Lessons without limit. How free-choice learning is transforming education*. Washington: Altamira Press.
- Falk, J.H., and Adelman, L.M. (2003). Investigating the impact of prior knowledge and interest on aquarium visitor learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 163-176.
- Gerber, G.L. (2001). Relationships among informal learning environments, teaching procedures and scientific reasoning ability. *International Journal of Science Education*, 23(5), 535-549.
- Griffin, J. (1998). Learning science through practical experiences in museums. *International Journal of Science Education*, 20(6), 655-663.
- Griffin, J. (2004). Research on students and museums: looking more closely at the students in school groups. *Science Education*, 88, 59-70.
- Griffin, J., and Symington, D. (1997). Moving from task-oriented to learning-oriented strategies on school excursions to museums. *Science Education*, 81, 763-779.
- Guisasola, J., Solbes J., Barraques, J.I., Morentin, M., Moreno, A et al. (2009). Students' understanding of the Special Theory of Relativity and design for a guided visit to a Science Museum. *International Journal of Science Education*, 31(15), 2085-2014.
- Guisasola, J., y Morentin, M. (2005). Museos de ciencias y aprendizaje de las ciencias, una relación compleja, *Alambique*, 43, 58-66.
- Gupta, P., and Adams, J.D. (2012). Museum-university partnerships for preservice science education. In B.J: Fraser et al (eds.), *Second International Handbook of Science Education*, Springer International Handbooks of Education 24, 1147-1162. DOI 10.1007978-1-4020-9041-7_74, Springer Science+Business Media B.V.2012
- Gutiérrez de White, T., and Jacobson, S. K. (1994). Evaluating conservation education programs at a South American zoo. *Journal of Environmental Education*, 25(4), 18-23.
- Hamadache, A. (1991). L'Éducation non Formelle: Concept et illustration. *Perspective*, 1, 125-142.
- Hein, G. (1998). *Learning in the museum*. London: Routledge.
- Jung, M.L., and Tonso, K.L. (2006). Elementary preservice teachers learning to teach science in science museums and nature centers. *Journal of Elementary Science Education*, 18(1), 15-31.
- Kelly, J. (2000). Rethinking the elementary science methods course: a case for content, pedagogy and informal science education. *International Journal of Science Education*, 22, 755-757.
- Kisiel, J.F. (2003). Teachers, museums and worksheets: a closer look at a learning experience. *Journal of Science Teacher Education*, 14(1), 3-21.
- Lucas, K.B. (2000). One teacher's agenda for a class visit to an interactive science center. *Science Education*, 84, 524-544.
- McGinnis, J.R., Hestness, E., Riedinger, K., Katz, P., Marbach-Ad, G., and Dai, A. (2012). Informal science education in formal science teacher preparation. In B.J: Fraser et al (eds.), *Second International Handbook of Science Education*, Springer International

- Handbooks of Education 24, 1097-1108. DOI 10.1007/978-1-4020-9041-7_74, Springer Science+Business Media B.V.2012
- Mejía, R. (2005). Tendencias actuales en la investigación del aprendizaje informal. *Sinética*, 4(26), 4-11.
- Millar, J. (2004). Public understanding of, and attitudes toward, scientific research: what we know and what we need to know. *Public Understanding of Science*, 13, 273-294.
- Miller, S. (2001). The acquisition and retention of scientific information by American adults. En J. Falk (Ed.). *Free choice science education. How we learn science outside school*. 1a. ed. EUA: Columbia University, 93-114.
- National Research Council. (1996). *National Science Educational Standards*. Washington: National Academy Press.
- Osborne, J., and Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: critical reflections*. London: The Nuffield Foundation.
- Pedretti, E. (2002). T.Kuhn meets T.Rex: critical conversations and new directions in science centres and science museums. *Studies in Science Education*, 37(1), 1-41.
- Pedretti, E. (2004). Perspectives on learning through research on critical issued-based science center exhibitions. *Science Education*, 8(1), 34-47.
- Pérez, C., Díaz, M.P., Echevarría, I., Morentin, M., y Cuesta, M. (1998). *Centros de Ciencia, Espacios interactivos para el aprendizaje*. (1ª Edición), País Vasco: Universidad del País Vasco.
- Priest, M., and Gilbert, J. (1994). Learning in museums: situated cognition in practice. *Journal of Education in Museums*, 15, 16-18.
- Pujol, R.M. (2002). Educación científica para la ciudadanía en formación. *Alambique*, 32(abril), 9-16.
- Rennie, L., and Johnston, D. (2004). The nature of learning and its implications for research on learning from museums. *Science Education*, 88(1), 4-17.
- Rennie, L., and Mc Clafferty, T. (1996). Science centers and science learning. *Studies in Science Education*, 27, 53-98.
- Rennie, L., and McClafferty, T. (1999). Science centers and science learning. In E. Scanlon and S. Yates (Eds.). *Communicating science: contexts and channels*. Chapter 5. 1 ed. UK: Routledge, 62-89.
- Sánchez-Mora, M.C. (2007). La función educativa de los museos de ciencia. En Rico, M.L et al (Coords.). *Museología de la Ciencia, 15 años de experiencia*. México: Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, 97-128.
- Sánchez-Mora, M.C. (2009). La narrativa como recurso para la evaluación previa en un museo universitario de ciencias. *Códice, Boletín Científico y Cultural del Museo Universitario*, 10(18), 20-34.
- Sánchez-Mora, M.C. (2012). Museos Universitarios de Ciencias. En L.F.Rico et al (coords.). *Museos Universitarios de México, memorias y reflexiones*. México: UMAC, ICOM, 61-86.
- Silva, D. (2009). Apuntes para pensar metodologías de la Educación No Formal. En M. Morales (comp.). III *Aportes para la elaboración de propuestas de políticas educativas*, Educación

- no formal: una oportunidad para aprender*. UNESCO, Uruguay: Ministerio de Educación y Cultura, 141-152.
- Storcksdieck, M. (2006). *Field trips in environmental education*, Berlin: Berliner Wissenschafts-Verlag.
- Tal, T. (2012). Out-of-school: learning experiences, teaching and students' learning, In B.J: Fraser et al (eds.). *Second International Handbook of Science Education*, Springer International Handbooks of Education 24, 1109-1122. DOI 10.1007/978-1-4020-9041-7_74, Springer Science+Business Media B.V.2012
- Tal, T., and Steiner, L. (2010). Patterns of teacher-museum staff relationships: school visits to the educational centre of a science museum. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 6(1), 25-46.
- Torres, R.M. (2009). Evaluación en Educación No formal. En M. Morales (comp.). III *Aportes para la elaboración de propuestas de políticas educativas, Educación no formal: una oportunidad para aprender*. UNESCO, Uruguay: Ministerio de Educación y Cultura, 163-171.
- Trilla, J. (1992). La educación no formal. Definición, conceptos básicos y ámbitos de aplicación. En J. Sarramona (Ed.). *La Educación no formal*. Barcelona: Ediciones CEAC, (Educación y Enseñanza), 9-50.
- Valdés, M.C. (1999). *La difusión cultural en el museo: servicios destinados al gran público*. España: Trea.
- Vasconcelos, C., y Félix, J. (2005). Aprendizaje en contextos no formales y alfabetización científica. *Alambique*, 43(enero), 67-73.